

А. В. Гузенко, Н. В. Гузенко

ОПТИМИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ В ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ ПРОЦЕССАХ

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы оптимизации внутрискладского пространства и влияние данного процесса на смежные транспортно-логистические процедуры. При проектировании и оценке экономической эффективности реализации организации работы платформы по доставке товаров необходимо учитывать не только возможный экономический результат, но и технологические мощности и ограничения для достижения данного результата. В условиях динамичного движения материального потока рациональность и оптимальность использования складских площадей и имеющихся ресурсов становится одной из важнейших задач. Применение принципа прямооточности обеспечит выравнивание движения материального потока при организации отгрузок и позволит оказать влияние на смежные процессы.

Проведен анализ и расчет оптимизации процессов сборки заказов на основе построения графика Ганта с учетом окон приема клиентов, ресурсных ограничений платформы, временных рамок клиентов, доведения материального потока на этапе «последней мили». Осуществлено сравнение основных параметров работы до и после изменений движения материального потока. Проведен расчет экономической эффективности от внедрения новой схемы внутренней логистики.

Ключевые слова

Оптимизация, потоковые процессы, принцип прямооточности.

A. V. Guzenko, N. V. Guzenko

OPTIMIZATION OF MATERIAL FLOWS IN TRANSPORT AND WAREHOUSE PROCESSES

Annotation

Article deals with the optimization of internal storage space and impact of this process on corresponding transport and logistics procedures. When designing and assessing the performance of platform for delivery of goods, it is necessary to take into account not only the possible economic result, but also the technological capacities and limitations to achieve this result. In the conditions of dynamic movement of material flow, rationality and optimal use of warehouse space and available resources becomes one of the most important tasks. Application of direct flow principle will ensure the alignment of movement of material flow during the organization of shipments and will influence the related processes.

Analysis and calculation of optimization of order picking processes based on construction of Gantt chart, taking into account the customer gaps, platform's resource constraints, customers' gaps and bringing the material flow at the «last mile» stage. Authors provided the comparison of the key parameters of work before and after changes in movement of material flow and carried out the calculation of economic efficiency from introduction of a new scheme of internal logistics.

Keywords

Optimization, streaming processes, direct flow principle.

Введение

Рассмотрение вопроса развития сервиса доставки является актуальным в свете увеличения спроса данной услуги в формате B2C. Вместе с тем в формате B2B данная услуга также остается достаточно востребованной. Транспортирование сборных партий продуктов питания (многоассортиментных и с разными температурными режимами) требует учета множества факторов и является серьезным вызовом. Организация таких отправок на протяженной территории требует организации доставочной платформы с разными температурными зонами предварительного хранения и комплектации товара.

В условиях увеличения товарооборота и ограничения внутренних ресурсов необходимо решить задачу оптимизации движения товарного потока внутри платформы от момента сборки до момента загрузки в транспортное средство.

Применение принципа прямооточности подробно описывается в логистике производства, однако его использование разумно и в других функциональных областях логистики. Возможности выравнивания схем движения материального потока при организации отправок позволяет оказывать влияние на смежные процессы. Прямоточность также позволяет снизить трудозатраты при выполнении логистических операций. При этом обязательным условием является размещение рабочих мест и оборудования согласно направлению движения материального потока, за счет чего минимизируется временной разрыв в процессе прохождения операционных зон.

В условиях динамичного движения материального потока от момента комплектации до момента отгрузки рациональность и оптимальность использования складских площадей и имеющихся ресурсов становится одной из важнейших задач. Вместе с тем необходима ориентация не только на повышение показателей эффективности, таких как скорость отгрузки, продуктивность

сборки, время выполнения операций комплектовки, но и на конечный коммерческий результат.

Результативность применения принципа прямооточности при работе доставочной платформы может быть оценена в нескольких областях. Общая логика расчетов увеличения продуктивности и возможной окупаемости подобного проекта складывается из следующих факторов:

- увеличения зоны отгрузки, что сделает консолидацию удобнее/быстрее и позволит отгружать большие объемы;

- на платформе большая сезонность и рост продаж возможны в основном в летние месяцы, когда объем и так пиковый;

- из-за сезонности, даже при не самых больших среднегодовых объемах, платформа уже испытывает дефицит пропускной способности в сезон и не может устойчиво наращивать продажи.

Материалы и методы

Методическую базу представляет теория логистики, транспортной логистики и оптимизации материального потока, а также применение принципа прямооточности в качестве базы для выравнивания схем движения материального потока при организации отправок. Анализ и расчет оптимизации процессов сборки заказов проведен на основе построения графика Ганта. Расчет окупаемости необходимых инвестиций и оценки результативности предложенных мер был проведен с помощью показателя NPV (Net Present Value).

Результаты

Значительные конструктивные изменения требуют определенных инвестиций. Изменение платформы по доставке товаров в предложенном варианте с переоборудованием систем охлаждения потребует инвестиций в размере 15 млн рублей. Окупаемость такого проекта может быть обеспечена из трех основных источников: увеличение пропускной способности позволит увеличивать объем продаж, который в насто-

ящий момент сдерживается внутренними ресурсами платформы; сокращение затрат в области транспортной логистики (уменьшение простоев автотранспорта); увеличение продуктивности процессов комплектации товара, а так-

же высвобождение рабочего времени для выполнения других операций.

Проведенные расчеты позволяют оценить окупаемость необходимых инвестиций и результативность предложенных мер (представлены в таблице 1).

Таблица 1 — Основные источники сокращения затрат

Сокращение затрат	2020	2021	2022	2023
Потери EBITDA		1,3	5,0	8,7
Транспортные расходы	0,7	1,6	1,9	2,2
Затраты на персонал	0,27	0,58	0,71	0,83
Итого	1,0	3,4	7,6	11,8

Для определения целесообразности финансовых вложений в данный проект произведен расчет показателя NPV, обеспечивающий оценку экономической эффективности любого проекта.

NPV (Net Present Value) представляет собой уровень прибыли, который ожидает участников инвестиционного проекта. Математически этот показатель определяют за счет дисконтирова-

ния значений чистого денежного потока, при этом неважно, о каком потоке идет речь: отрицательном либо положительном [4]. Другими словами, показатель NPV — это конечный доход, получаемый после вычета текущих затрат, налоговых вычетов, заемных средств и процентов по ним, который получит разработчик проекта.

Расчет дисконтированного дохода NPV производят по формуле [4]:

$$NPV = -IC + \sum_{t=0}^N \frac{CF^t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

где IC — сумма первоначальных инвестиций;

N — число периодов (месяцев, кварталов, лет), за которые нужно рассчитать оцениваемый проект;

t — отрезок времени, для которого необходимо рассчитать чистую приведенную стоимость;

i — расчетная ставка дисконтирования для оцениваемого варианта вложения инвестиций;

CF^t — ожидаемый денежный поток (чистый) за установленный временной период.

Непосредственный расчет основных показателей и NPV проекта представлен в таблице 2. При этом следует учитывать, что в случае когда показатель NPV ниже нуля, следует отложить инвестиции, если равен нулю, то проект позволит обеспечить возврат инвестиций. При положительном уровне NPV (в нашем случае он достигается к 2023 г.) проект начинает приносить прибыль.

Таблица 2 — Основные показатели и NPV проекта

NPV	2020	2021	2022	2023
Количество месяцев	5,0	12,0	12,0	12,0
Инвестиции	15,0			
Доход проекта	0,8	2,0	2,2	2,5
NPV	-14,8	-13,3	-7,9	+ 1,4

Обсуждение

Организация работы платформы по доставке товаров требует учета множества факторов. При проектировании и оценке экономической эффективности реализации проекта необходимо учесть не только возможный экономический результат с течением времени, но и возможные технологические мощности и ограничения для достижения данного результата. Проводя оценку пропускной способности и эффективности использования технических характеристик объекта, необходимо учитывать следующие факторы:

- окна отгрузок, синхронизированные под время движения транспорта в пути и окна приема в точках поглощения;
- необходимое количество точек отгрузок;
- необходимую площадь для выполнения подготовительных операций;
- требования стандарта качества в области транспортирования грузов (товарное соседство, температурные режимы);
- персонал;
- продуктивность выполнения сборочных операций;
- время выполнения комплектующих операций и др.

Платформа по доставке товаров организована на базе торгового центра, осуществляющего торговлю продуктами питания. Таким образом, клиенты имеют доступ к расширенному ассортименту товаров различных категорий (свежие группы товаров, товары дли-

тельного хранения, непродовольственные товары). Хранение товара осуществляется в нескольких зонах: товары длительного хранения требуют температурный режим от $+5^{\circ}$ до $+25^{\circ}$ и расположены в общей зоне на полочном и паллетном хранении, молочная продукция ($+2^{\circ}\dots+6^{\circ}$), мясо птицы ($0\dots+2^{\circ}$), замороженная продукция ($-18^{\circ}\dots-21^{\circ}$). Зона консолидации товаров ($+6^{\circ}\dots+8^{\circ}$) рассчитана на одновременную подготовку к отправке нескольких транспортных средств. Территориально все зоны хранения товаров примыкают к зоне консолидации, таким образом, части собранных заказов заранее стоят в зонах хранения и вывозятся на зону консолидации только в момент комплектовки машины и подготовки ее к рейсу. Единоновременно могут готовиться до трех транспортных средств к рейсам [3].

Основные процессы, выполняемые на платформе: хранение выделенного запаса товаров (ограниченный ассортимент) согласно требованиям температурного режима, сборка товаров по заказам клиентов, комплектовка многоассортиментных заказов, доставка продуктов питания клиентам формата B2B.

Для анализа пересечения процессов комплектовки, сборки товара и отгрузки, выполняемых на платформе, построим графика Ганта. Рассмотрим одни сутки, интервалом в 1 час работы по оси X. При группировке процессов по 1–4 и 5 тайм-зоне получаем по два процесса сборки и комплектации товара (рис. 1).

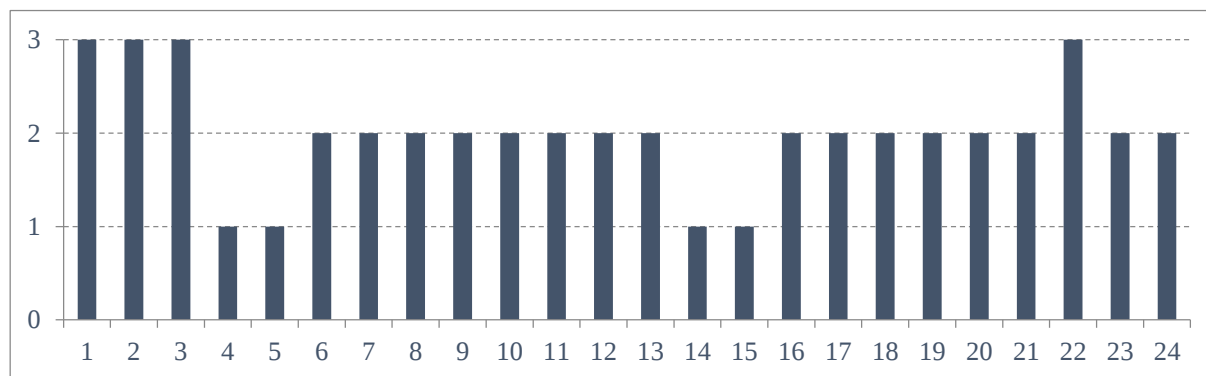


Рисунок 1 — Пересечение процессов сборки и комплектовки заказов [3]

Исходя из данных, полученных на рисунке 1, можно отметить, что максимальное пересечение по количеству процессов приходится на ночные часы с 1:00 до 3:00 (3 процесса). В остальное время выполняется от одного до двух процессов.

В нашем случае временное и человеческое ресурсное ограничение яв-

ляется важным для дальнейшего решения данной задачи. В первую очередь учтем ограничение по персоналу путем оценки эффективности планирования смен исходя их количества выполняемых процессов. На диаграмму, представленную на рисунке 1, наложим количество персонала, обеспечивающего выполнение данных процессов (рис. 2).

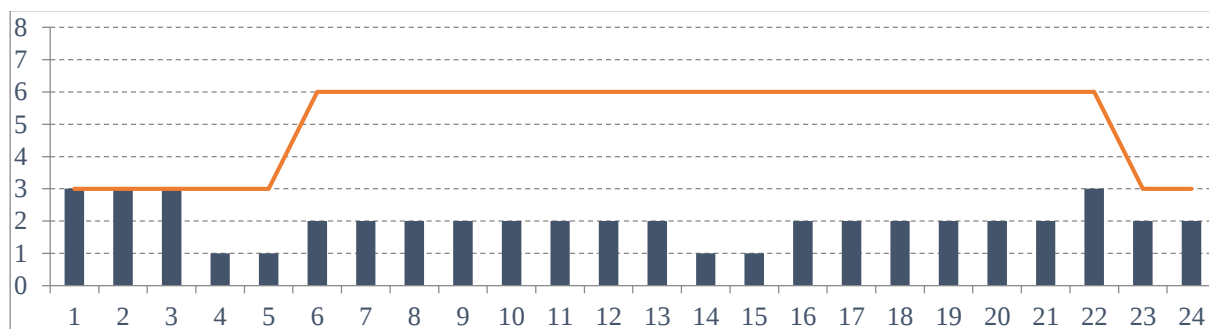


Рисунок 2 — Пересечение процессов сборки и комплектации заказов с количеством персонала [3]

Складывается ситуация, при которой во время наибольшей загрузки процессов присутствует наименьшее количество персонала. Работы по подготовке транспортных средств для 5 тайм-зоны проводятся вечером, машины отправляются в ночное время, поскольку временные окна клиентов указаны на дневное время, период нахождения водителя в пути составляет более 5 часов. В настоящий момент максимальная задержка отгрузок по данному направлению составляет 1 час. При расчете общих человеко-часов по организации работ по функции доставки для 5 тайм-зоны и сравнении человеко-часов по сборке и комплектации заказов 1–4 и 5 тайм-зон, выявляется, что сборка 1–4 тайм-зоны осуществляется на 20 человеко-часов меньше, чем сборка направления пятой тайм-зоны [3].

Возможными вариантами увеличения времени обработки заказов 1–4 тайм-зоны могут быть: увеличение количества персонала утренней смены и ночной смены. Рассмотрим оба варианта более подробно. Увеличение утренней смены не приведет к повышению эффек-

тивности отгрузок: данная смена приходится на плановое время отправки машин, в утренний период необходимо осуществлять досборку для свежих групп товаров, время работы смены приходится на окна приемки товаров у клиентов, когда машины уже должны быть в пути или у клиентов. Усиление ночной смены с учетом данного ограничения представляется оптимальным. Изменение количества персонала в период выполнения наибольшего количества операций позволит повысить общую эффективность выполнения функции доставки. Исходя из графика процессов, на ночную смену приходится наибольшее пересечение операций, которые логично было бы обеспечить достаточным количеством персонала с целью сокращения временных затрат на их выполнение [3].

Поскольку сборка заказов осуществляется при помощи информационной системы, наличие размещенных заказов является базой для начала процесса отбора товара. Перенос на вечерние часы не даст нужного эффекта в связи с неготовностью направления продаж к наличию заказов в системе до

15:00. Фактическое наличие заказов в системе на 17:00 сдвигает процессы дальнейшего планирования и маршрутизации на 2 часа от плановых. Этот временной гап приводит к крайне низкому пересечению времени сборки направления 1–4 тайм-зоны со временем работы сотрудников второй смены [3].

На рисунке 3 представлен график Ганта с учетом ресурсных ограничений

платформы, временных рамок клиентов доведения материального потока на этапе «последней мили».

Таким образом, основными вехами являются: отправка машин 1–4 тайм-зона — 11:00, 5 тайм-зона — 03:00, прием заявок к сборке 5 тайм-зоны — 13:00, прием заявок для сборки заказов 1–4 тайм-зоны — 17:00 [3].

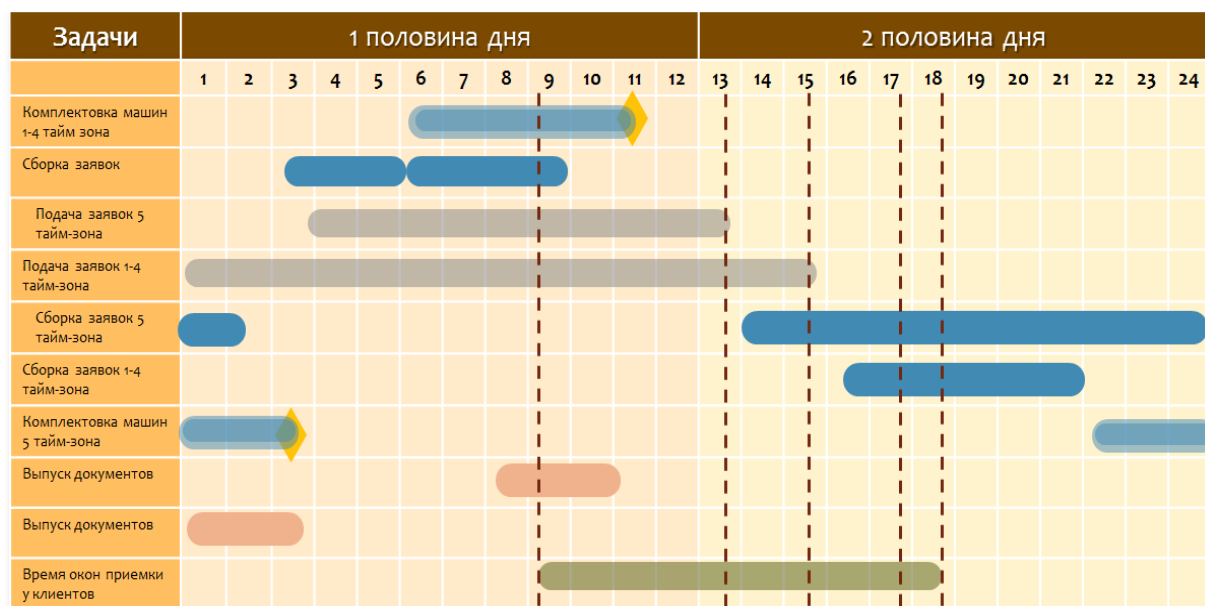


Рисунок 3 — Оптимизация процессов с учетом окон приема клиентов [3]

Полученный эффект от применения мер распределения трудовых ресурсов не может дать стратегического роста потенциала платформы, поскольку направлен на решение локальной задачи. Следующим шагом проведем анализ схем движения материального потока внутри платформы на этапе от сборки до загрузки товаров в машины.

Как ранее упоминалось, каждая товарная категория имеет свои требования к температурному режиму хранения для сохранения качественных характеристик. Так, товар категории свежих групп товаров, глубокой заморозки поступает в камеры временного хранения до отгрузки. В данном случае камеры временного хранения расположены в разных местах относительно точки совершения следующей операции — комплектовки. Таким

образом, если рассматривать схем движения товара, можно увидеть, что от момента сборки до момента начала комплектовки товар размещается в камерах, территориально отдаленных. И таким образом, затрачивается время на размещения товара в камер временного хранения, а потом на отбор и комплектацию в термобоксы для дальнейшей комплектовки и последующей транспортировки. Вместе с тем зона комплектации позволяет одновременно готовить не более трех транспортных средств, при том, что ранее проанализированная сборка ведется по более чем трем транспортным средствам. Отсутствие логики размещения собранного товара в разрыве от момента окончания сборки до момента начала комплектации приводит к образованию хаотично-

го размещения товара в зоне платформы, но без стабильной привязки к очередности отгрузок. Это еще одно «тупииковое» движение материального потока внутри доставочной платформы, которое приводит к образованию до-

полнительных операций по обработке заказов и дополнительным временным затратам.

Схема движения материального потока до оптимизации представлена на рисунке 4 (слева).

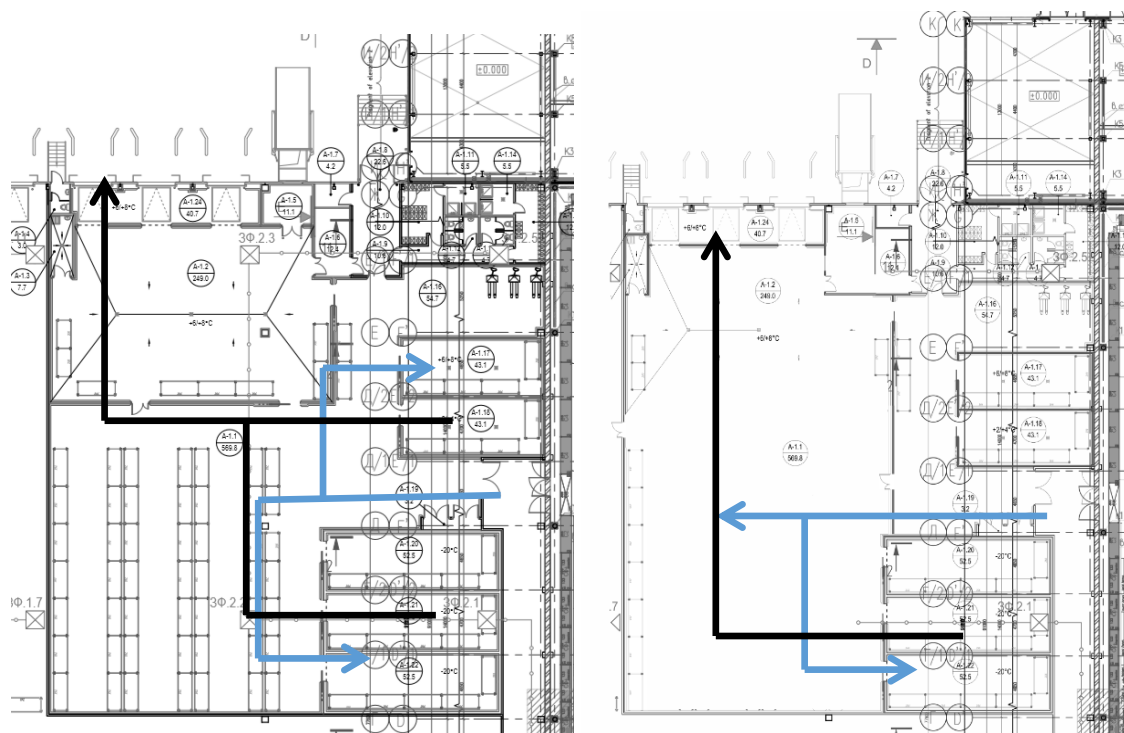


Рисунок 4 — Сравнение схем движения материального потока до и после оптимизации

Серыми линиями показан маршрут движения от момента сборки до размещения на временное хранение, черными — движение материального потока от мест временного хранения на комплектацию и загрузку в транспортные средства.

Возможность организации прямого движения материального потока требует внесения конструктивных изменений: расширения зоны консолидации, ее зонирование на два температурных режима, переключение одной из камер глубокой заморозки на режим 0+2. Однако такие изменения позволят оптимизировать операции по комплектовки заказов перед отгрузкой за счет:

– объединения места размещения предварительно собранных заказов с температурными режимами от +2;

– расширение зоны консолидации для одновременной подготовки к отгрузке до 9 транспортных средств,

– соединение месторасположения камер глубокой заморозки и хранения мясной продукции, их близкое расположение к зоне комплектации.

Сравнение результатов оптимизации схем движения материального потока представлено в таблице 3.

Таким образом, окупаемость кейса складывается из:

– увеличения продаж за счет увеличения пропускной способности в сезон;

– роста производительности труда и сокращения простоев транспорта в целом по году.

Таблица 3 — Сравнение основных параметров работы до и после изменений движения материального потока

Текущее состояние (потенциал)	Потенциальное состояние при условии расширения
Кулера выделены на территории отдела, недалеко от входа в зону комплектовки	Кулера доставки могут быть отключены либо переданы ТЗ
При сборе пикер разносит товар по кулерам, а затем комплектовщик собирает их при подготовке к отправке (маятниковые тупиковые маршруты движения)	Нет необходимости развозить товар по кулерам, товар сразу везут на зону комплектовки, что сокращает время самой комплектовки
Потенциально платформа может грузить в 1 час 360 тыс. руб.	Потенциально платформа сможет грузить в 1 час 540 тыс. руб. *(+180 тыс. руб.)
Время комплектовки машины 1,1 часа	Время комплектовки машины 40 минут
	Высвободится 1 FTE на сборку, что позволит повысить продуктивность до 9,5 линий в час
Потенциальные отгрузки в год 0,8 млрд	Потенциальные отгрузки в год 1,2 млрд
Потенциальный Cash Profit 0,1 млн	Потенциальный Cash Profit 0,15 млн

Выводы

Применение общих принципов производственной логистики в смежных функциональных областях дают значительный эффект оптимизации не только операций на конкретном участке, но и увеличивают общую результативность выполнения операций.

Оптимизация в области движения материального потока при подготовке товаров к отгрузке оказывают существенное влияние на смежные операции, позволяя сократить затраты на транспортную составляющую, персонал, решить вопросы ограничения пропускной способности в периоды пиковой нагрузки, и как следствие, улучшить финансовые показатели работы системы.

Вместе с тем разумное распределение ресурсов с учетом интенсивности выполнения операций и применения методов оптимизации и визуализации данных процессов позволяют локально решать проблемы продуктивности выполнения сборочных операций, оказывая влияние на смежные процессы комплектования заказов и их дальнейшей отгрузки. Комплексное применение логистики и системный подход к пониманию взаимосвязей и взаимозависимостей операций дает максимальный эффект в области оптимизации потоковых процессов.

Библиографический список

1. Гузенко, А. В., Корнева, С. Р. Исследование современных проблем оптимизации работы склада // Транспорт: наука, образование, производство : сб. науч. трудов. — 2019. — С. 152–156.
2. Гузенко, А. В., Корнева, С. Р. Развитие терминально-складской инфраструктуры Ростовской области // Транспорт и логистика: инновационная инфраструктура, интеллектуальные и ресурсосберегающие технологии, экономика и управление : сб. науч. трудов II Междунар. науч.-практ. конф. — 2018. — С. 155–159.
3. Гузенко, А. В. Оптимизация процессов при построении логистики «последней мили»: городские и междугородние перевозки // Цифровая трансформация в экономике транспортного комплекса. Развитие цифровых экосистем: наука, практика, образование / под ред. Г. В. Бубновой, Л. А. Каргиной. — М., 2020. — С. 70–76.
4. CFA — Чистая приведенная стоимость (NPV) и правило чистой приведенной стоимости [Электронный ресурс] // Финансовый учет. — Режим доступа: <https://fin-accounting.ru/cfa/11/quantitative/cfa-nvp-and-net-present-value-rule>.

Bibliographic list

1. *Guzenko, A. V., Korneva, S. R.* Research of modern problems of optimization of warehouse operation // Transport: science, education, production : comp. of scient. articles. — 2019. — P. 152–156.
2. *Guzenko, A. V., Korneva, S. R.* Development of terminal and warehouse infrastructure of Rostov region // Transport and logistics: innovative infrastructure, intellectual and resource-saving technologies, economics and management : comp. of scient. articles of II International scient.-
3. *Guzenko, A. V.* Optimization of processes in construction of «last mile» logistics: urban and intercity transportation // Digital transformation in economy of transport complex. Development of digital ecosystems: science, practice, education / ed. by G. V. Bubnova, L. A. Kargina. — M., 2020. — P. 70–76.
4. CFA — Net Present Value (NPV) and Rule of Net Present Value [Electronic resource] // Financial accounting. — Mode of access: <https://fin-accounting.ru/cfa/11/quantitative/cfa-nvp-and-net-present-value-rule>.